



**PATENT APPLICATION**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of

Docket No: Q76697

Yoichiro KURITA, et al.

Appln. No.: 10/626,522

Group Art Unit: Unknown

Confirmation No.: Unknown

Examiner: Unknown

Filed: July 25, 2003

For: **BONDING METHOD AND BONDING APPARATUS**

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,

SUGHRUE MION, PLLC  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

---

J. Frank Osha  
Registration No. 24,625

WASHINGTON OFFICE  
**23373**  
CUSTOMER NUMBER

Enclosures: Japan 2002-216941

Date: October 31, 2003

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

P. Kusita, et al.  
10/626,522  
Filed 7/25/2003  
④ 766971 1041

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出願年月日

Date of Application: 2002年 7月25日

出願番号

Application Number: 特願2002-216941

[ST.10/C]:

[JP2002-216941]

出願人

Applicant(s): NECエレクトロニクス株式会社

2003年 5月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎

出証番号 出証特2003-3034337

【書類名】 特許願

【整理番号】 75310747

【提出日】 平成14年 7月25日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 21/60  
H01L 21/607

【発明の名称】 ボンディング方法とボンディング装置

【請求項の数】 15

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7番 1号  
日本電気株式会社内

【氏名】 栗田 洋一郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7番 1号  
日本電気株式会社内

【氏名】 野川 潤

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7番 1号  
日本電気株式会社内

【氏名】 前田 雅人

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7番 1号  
日本電気株式会社内

【氏名】 豊田 輝司

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095740

【弁理士】

【氏名又は名称】 開口 宗昭

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 025782

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9606620

【プルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】ボンディング方法とボンディング装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体チップの接合部と前記半導体チップに接合加工される他方の部品の接合部とが接触してなる接触領域に、前記半導体チップを保持するマウントツールを介して超音波振動を与え、前記超音波振動によって前記接合される二部品の接合部間に形成される接合領域全体の振動軸方向のせん断強さであるダイシェア強度を上昇させる超音波振動発生手段、

前記マウントツールに保持される半導体チップと前記マウントツールとの接触界面全体の超音波振動軸方向のせん断強さである振動軸方向保持力を制御する手段

、  
前記超音波振動が前記マウントツールに保持される半導体チップに発生させる振動軸方向の慣性力を制御する手段、

および、

(振動軸方向保持力) > (ダイシェア強度) + (慣性力)

なる関係を維持する制御管理手段

を有することを特徴とする半導体チップのボンディング装置。

【請求項2】前記振動軸方向保持力の発生手段が、

①前記マウントツールから前記マウントツールに保持される半導体チップとの接触面に垂直負荷を与える手段、または、

②前記マウントツール内部に組み込まれた、前記マウントツールに保持される半導体チップの吸着手段、

のいずれか一つ以上から構成されることを特徴とする請求項1記載の半導体チップのボンディング装置。

【請求項3】前記慣性力の制御手段が、

①前記超音波振動の振動周波数を変動させる手段、または、

②前記超音波振動の振動振幅を変動させる手段、

のいずれか一つ以上から構成されることを特徴とする請求項1記載の半導体チップのボンディング装置。

【請求項4】前記制御管理手段が、  
予め記憶された前記ダイシェア強度の変動に関連するデータを保存した記憶装置  
を構成要素として含むことを特徴とする請求項1記載の半導体チップのボンディング装置。

【請求項5】前記制御管理手段が、  
前記ダイシェア強度またはその代用特性を計測する手段  
を構成要素として含むことを特徴とする請求項1記載の半導体チップのボンディング装置。

【請求項6】前記制御管理手段が、  
前記振動軸方向保持力またはその代用特性を計測する手段  
を構成要素として含むことを特徴とする請求項1記載の半導体チップのボンディング装置。

【請求項7】前記接触領域に、前記半導体チップを保持するマウントツールを  
介して超音波振動を与え、  
前記振動軸方向保持力と前記慣性力を制御して、

(振動軸方向保持力) > (ダイシェア強度) + (慣性力)  
なる関係を維持することを特徴とする半導体チップのボンディング方法。

【請求項8】前記超音波振動を停止させる直前に、  
前記接合される二部品の接合部の少なくとも一方の塑性変形で前記超音波振動を  
吸収できる程度の振幅に前記超音波振動を減少させるプロセス  
を含むことを特徴とする請求項7記載の半導体チップのボンディング方法。

【請求項9】前記接合される二部品の接合部の少なくとも一方の構造体を  
先端形状が凸状になった、いわゆるスタッドバンプとし、  
前記超音波振動を開始する前に前記接合される二部品の接合部を接触させ、  
前記スタッドバンプ先端の凸部の少なくとも一方を塑性変形させて接触面積を増  
加させるプロセス  
を含むことを特徴とする請求項7記載の半導体チップのボンディング方法。

【請求項10】前記超音波振動を与えている時間の少なくとも一部、望ましく  
は全部では、

前記接合される二部品の接合部の少なくとも一方が加熱されていることを特徴とする請求項7記載の半導体チップのボンディング方法。

【請求項11】前記マウントツールに保持される半導体チップの接合部の構造体は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするバンプで、

前記接合加工される他方の部品は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするパッドを接合部の構造体とする配線基板であることを特徴とする請求項7から10いずれか一つに記載の半導体チップのボンディング方法。

【請求項12】前記マウントツールに保持される半導体チップの接合部の構造体は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするパッドで、

前記接合加工される他方の部品は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料を接合部の構造体とする配線基板であることを特徴とする請求項7から10いずれか一つに記載の半導体チップのボンディング方法。

【請求項13】前記マウントツールに保持される半導体チップの接合部の構造体は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするパッドで、

前記接合加工される他方の部品は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするバンプを接合部の構造体とする半導体チップまたはこれを構成要素として含む部品であることを特徴とする請求項7から10いずれか一つに記載の半導体チップのボンディング方法。

【請求項14】前記マウントツールに保持される半導体チップの接合部の構造体は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするバンプで、

前記接合加工される他方の部品は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするパッドを接合部の構造体とする半導体チップまたはこれ

を構成要素として含む部品である

ことを特徴とする請求項7から10いずれか一つに記載の半導体チップのボンディング方法。

【請求項15】前記マウントツールに保持される半導体チップの接合部の構造体は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするバンプで、

前記接合加工される他方の部品は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするバンプを接合部の構造体とする半導体チップまたはこれを構成要素として含む部品である

ことを特徴とする請求項7から10いずれか一つに記載の半導体チップのボンディング方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する分野】

本発明は、半導体チップを半導体チップまたは基板に接続することによって得られる半導体チップ実装体の製造方法、およびこの製造に用いられる製造装置に係り、特に、超音波接合加工法による半導体チップ実装体の製造方法、及びこの製造に用いられる製造装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

近年、世界規模で急速に拡大している情報通信ネットワークにおいて、情報通信システムの高機能化・高速化が要求され、半導体チップの実装技術ではこの要求に応えるべく高密度実装技術の開発が行われている。こうした電子デバイスのパフォーマンス向上を実現する高密度実装技術では、多数の接合点を同時に接合するため、信頼性と生産性の両立が重要課題となっている。

この課題の達成に対して、超音波接合技術を用いた半導体チップ実装技術は有望な技術である。超音波接合技術とはチップ上の接合すべき金属面と接合相手部品の接合すべき金属面を接触させ、接触面に平行な方向に超音波振動を加えて両者を結合する技術であり、他の工法に比べ、原理的に短時間で金属結合を作るこ

とができる。

## 【0003】

上記の利点を生かし、ワイヤボンディングのみならず、フリップチップボンディングやフェイスダウンボンディング、一括ボンディング等のボンディング技術への適用が検討され、小型チップでは実用化が進んでいる。しかし、大型チップへの適用は現在のところまだ進んでいない。これは、チップ大型化に伴って接合すべきピン数が増加すると、接合に必要なエネルギー入力が増大し、小チップではさほど問題にならなかったマウントツールの摩耗が深刻化するためである。

## 【0004】

図1に示した超音波接合を用いた半導体チップのボンディング装置の概念図をもって、マウントツールの摩耗を説明する。

マウントツールは、接合加工される半導体チップに接触面と垂直方向の保持力を与えてこれを保持しつつ、超音波振動発生手段からの超音波を前記半導体チップを介して接合加工領域に伝達する機能を有し、超音波接合加工装置にとって極めて重要な部品である。

半導体チップ12は、マウントツール11によって保持され、半導体チップ12に接合加工される他方の部品15はステージ16上に接合加工では部品15がステージ16に対して摩擦しない程度に固定されている。両方の接合部（図1中13および14）で接触した状態で超音波振動が開始される。結合部13と14の少なくとも一方は、部品から凸状に突き出した構造を有するバンプであり、他方は前記バンプ又は部品上に平板形状で設置されてなるパッドである場合が一般的である。

接合加工の進行に伴い、接合部13と14とが実効的に結合している領域である接合領域17の面積が増加してくると、マウントツール11と半導体チップ12の界面で滑り摩擦が発生する場合がある。この状態で超音波振動を継続すると、摩擦を受け続けるマウントツール11と半導体チップ12の接触面であるツール／チップ接触面18で両方に摩耗が発生する場合がある。マウントツール11では係る状況が繰返されると前記摩耗が進行する場合があり、この場合は接合不良をもたらしたり、加工を受ける部品に傷をつけるなどの障害を発生させる危険

性があるため、マウントツール11の交換が必要となっていた。現状ではこの交換間隔が短く、生産性向上の阻害因子となっていた。

【0005】

この課題を克服するためにこれまでにも多くの発明が提供されている。典型的なものは特開2002-164384に開示される発明で、マウントツール表面材料を特定して摩耗量を低減させることを特徴としている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、このような発明は本質的に摩耗を防止することはできない対処療法的発明なので、上述のマウントツール交換間隔を若干長くすることはできても、生産性と信頼性を向上させるための根本的対策とはなっていない。

【0007】

本願発明は、以上の従来技術が有する問題を鑑みてなされたものである。本発明の目的は、マウントツール表面の摩耗を防ぎ、信頼性と生産性を両立する超音波接合工法を用いる半導体チップのボンディング方法およびその方法の実施に使用するボンディング装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

以上の課題を解決するに当って、本発明者は、マウントツール11と半導体チップ12の摩擦を抑制することでマウントツール表面の摩耗を防ぐことができるという技術的思想に基づき、超音波加工加工中の摩擦について深く考察を行った。

その結果想到したのが、①マウントツール11のツール／チップ接触面18での摩耗の発生には摩擦面の移動が関与していること、②超音波振動による慣性力がマウントツール11と半導体チップ12との接触面に摩擦を発生させる外力として働いているという着想である。

【0009】

まず、第一の着想について説明する。

ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦は、超音波接合加工開始当初から発

生しているのではなく、当初は接合領域17ですべり摩擦が発生している。この摩擦が接合領域17を拡大させるためのエネルギー源となる。この状態では、ツール／チップ接触面18のせん断強さである振動軸方向保持力は接合領域17全体のせん断強さであるダイシェア強度よりも大きいので、超音波振動による往復運動に必要な力は前記ダイシェア強度となる。

しかし、接合加工が進行し、接合領域17の面積が増加すると、前記ダイシェア強度が上昇し、前記超音波振動による往復運動に必要な力が大きくなり、この力は超音波振動中、常にツール／チップ接触面18に摩擦を発生させようとする力として働いている。さらに接合加工が進行して前記ダイシェア強度が前記振動軸方向保持力に匹敵する値になると、すべり摩擦面が接合領域17からツール／チップ接触面18に移動することとなる。

#### 【0010】

上述の関係をグラフに表したのが図2である。この図において、縦軸は各接触面の振動軸方向のせん断強さである。前記ダイシェア強度を示す線21とツール／チップ接触面18のせん断強さである振動軸方向保持力を示す線22を比較して、低いほうの接触部ですべり摩擦が発生する。加工初期は接合領域17での摩擦が優先的に発生するが、点23近傍においてダイシェア強度と振動軸方向保持力とがほぼ同等の値になり、点23近傍以降はツール／チップ接触面18でのすべり摩擦が優先的に発生し、入力される超音波振動のエネルギーの一部はこの界面でのすべり摩擦で消費されることとなり、ダイシェア強度の上昇は加工エネルギー入力が少なくなるため緩やかになり、さらには、このエネルギーが摩耗を引き起こす直接的な原因となる。

#### 【0011】

上記第一の着想から、摩擦面の移動が抑制できれば、ツール表面の摩耗は極めて少なく抑えることができる事が導き出される。摩擦面の移動の抑制は、図2から明らかなように、超音波振動を与えていた間は前記振動軸方向保持力が常に前記ダイシェア強度より高い状態を維持することで実現できる。

#### 【0012】

次に第二の着想について説明する。

接合加工中、半導体チップ12には、上記のごとく前記ダイシェア強度が半導体チップ12を引き剥がす力として働いているが、この力以外に、振動方向が反転するときに半導体チップ12に対して発生する慣性力が外力として加わっている。

## 【0013】

したがって、摩擦面の移動を抑えるために必要な前記振動軸方向保持力の条件は、

$$(\text{振動軸方向保持力}) > (\text{ダイシェア強度}) + (\text{慣性力})$$

となる。

## 【0014】

以上の着想に基づき、上述の課題を解決するために提供する本出願第1の発明は、

超音波振動を発生させる手段、

前記振動軸方向保持力を制御する手段、

前記慣性力を制御する手段、

および、

$$(\text{振動軸方向保持力}) > (\text{ダイシェア強度}) + (\text{慣性力})$$

なる関係を維持することを管理項目に含む制御管理手段

を有することを特徴とする半導体チップのボンディング装置である。

## 【0015】

ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑えるための前記条件式は、本願第1の発明が有する制御管理手段に管理項目として含まれるが、このうち、前記ダイシェア強度は接合加工の結果得られるため制御値とはならず、その他の因子を制御する必要がある。本願第1の発明は前記振動軸方向保持力と前記慣性力を制御する手段を有するため、超音波振動が与えられ、前記ダイシェア強度が上昇している状態でも前記振動軸方向保持力を前記ダイシェア強度と前記慣性力の和よりも高い状態に維持できる。このため、ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑えることができ、マウントツール11のツール／チップ接触面18を含む面の摩耗を防ぐことができる。

## 【0016】

また、本出願第2の発明は、本出願第1の発明であって、前記振動軸方向保持力の発生手段が、

①前記マウントツールから前記マウントツールに保持される半導体チップとの接觸面に垂直負荷を与える手段、または、

②前記マウントツール内部に組み込まれた、前記マウントツールに保持される半導体チップの吸着手段、

のいずれか一つ以上から構成されることを特徴とする請求項1記載の半導体チップのボンディング装置である。

## 【0017】

本出願第2の発明によれば、前記振動軸方向保持力の一部はマウントツール11からツール／チップ接觸面18への垂直負荷力と半導体チップ12の吸着力との和にツール／チップ接觸面18の摩擦係数を乗することにより与えられる。このように前記振動方向保持力が明解な物理法則にしたがっているため、前記振動方向保持力を容易にかつ精度良く制御することができ、ツール／チップ接觸面18でのすべり摩擦の発生を抑える条件を満たすにあたっての制御信頼性を高めることができる。

## 【0018】

また、本出願第3の発明は、本出願第1の発明であって、前記慣性力の制御手段が、

①超音波振動の振動周波数を変動させる手段手段、または、

②超音波振動の振動振幅を変動させる手段手段、

のいずれか一つ以上から構成されることを特徴とする半導体チップのボンディング装置である。

## 【0019】

超音波振動による前記慣性力は半導体チップ12の質量と前記超音波振幅、及び前記超音波周波数によって与えられる。本出願第3の発明によれば、このうち振幅と周波数の一つ以上が制御できる。このため、前記慣性力を直接的に制御することができ、ツール／チップ接觸面18でのすべり摩擦の発生を抑える条件を満

たすにあたっての制御信頼性を高めることができる。

【0020】

また、本出願第4の発明は、本出願第1の発明であって、前記制御管理手段が、予め記憶された前記ダイシェア強度の変動に関するデータを保存した記憶装置を構成要素として含んでいることを特徴とする半導体チップのボンディング装置である。

【0021】

本出願第4の発明によれば、前記ダイシェア強度の変動に関する情報は予め記憶装置内に保存されているので、前記振動方向保持力と前記慣性力の制御方法を予め設定しておくことができる。これより、本願第1の式で管理項目として示した前記条件式を満たすべく制御するにあたっての制御時間遅れが発生しにくく、結果的にツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑える条件を満たすにあたっての制御信頼性を高めることができる。

【0022】

また、本出願第5の発明は、本出願第1の発明であって、前記制御管理手段が、前記ダイシェア強度またはその代用特性を計測する手段を構成要素として含んでいることを特徴とする半導体チップのボンディング装置である。

【0023】

本出願第5の発明によれば、接合加工ごとにダイシェア強度の変動に関する情報を得ることができる。これにより、前記振動方向保持力と前記慣性力を高精度におこなうことができ、ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑える条件を満たすにあたっての制御信頼性を高めることができる。

【0024】

また、本出願第6の発明は、本出願第1の発明であって、制御管理手段が、前記振動軸方向保持力またはその代用特性を計測する手段

を構成要素として含んでいることを特徴とする半導体チップのボンディング装置である。

## 【0025】

本出願第6の発明によれば、制御対象である前記振動方向保持力の実際の制御値に関する情報を接合加工ごとに得ることができる。これにより、前記振動方向保持力の制御を高精度におこなうことができ、ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑える条件を満たすにあたっての制御信頼性を高めることができる。

## 【0026】

また、本出願第7の発明は、前記接触領域に、前記半導体チップを保持するマウントツールを介して超音波振動を与え、  
前記振動軸方向保持力と前記慣性力を制御して、

$$(\text{振動軸方向保持力}) > (\text{ダイシェア強度}) + (\text{慣性力})$$

なる関係を維持することを特徴とする半導体チップのボンディング方法である。

## 【0027】

本願第7の発明によれば、超音波振動が加えられて接合領域17の面積が増加して前記ダイシェア強度が上昇する状態でも、前記振動軸方向保持力と前記慣性力を制御して前記条件式を満たすことで、前記振動軸方向保持力を前記ダイシェア強度と前記慣性力の和よりも高い状態に維持できる。このため、ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑えることができ、マウントツール11のツール／チップ接触面18を含む表面の摩耗を防ぐことができる。

## 【0028】

また、本出願第8の発明は、本願第7の発明の前記慣性力の制御方法として、  
前記超音波振動を停止させる直前に、  
前記接合領域が弾性変形で吸収できる程度の振幅に前記超音波振動を減少させる  
プロセス  
を含むことを特徴とする半導体チップのボンディング方法である。

## 【0029】

本出願第8の発明によれば、接合加工終了の直前に接合領域17が弾性変形で

吸収できる程度の振幅に減少させるプロセスを含むことにより、接合加工に係る領域においてすべり摩擦が発生しない条件を設定することができる。これにより、接合領域における接合不良の発生を防止しつつ、ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑えることができ、接合信頼性を向上させつつ、マウントツール11のツール／チップ接触面18を含む表面の摩耗を防ぐことができる。

## 【0030】

また、本出願第9の発明は、本出願第7の発明の方法であって、前記接合される二部品の接合部の少なくとも一方の構造体を先端形状が凸状になった、いわゆるスタッドバンプとし、前記超音波振動を開始する前に前記接合される二部品の接合部を接触させ、前記スタッドバンプ先端の凸部の少なくとも一方を塑性変形させて接触面積を増加させるプロセスを含むことを特徴とする半導体チップのボンディング方法である。

## 【0031】

本出願第9の発明によれば、超音波振動を与えて接合すべき接触領域を再現性良く用意することができ、超音波振動開始後の前記ダイシェア強度の経時変化である変動プロファイルの再現性が高まる。このため、接合加工ごとに前記変動プロファイルを計測することなく前記振動軸方向保持力と前記慣性力の制御方法を規定して制御を行った場合でも、ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑える条件を満たすにあたっての制御信頼性を高めることができる。

## 【0032】

また、本出願第10の発明は、本出願第7の発明の方法であって、前記超音波振動を与えている時間の少なくとも一部、望ましくは全部では、前記接合される二部品の接合部の少なくとも一方が加熱されていることを特徴とする半導体チップのボンディング方法である。

## 【0033】

本出願第10の発明によれば、加熱によって接合部13又は14は塑性変形しやすくなるため、前記ダイシェア強度が低下する。したがって、接合部13又は14の少なくとも一方を加熱することでツール／チップ接触面18でのすべり摩

擦の発生を抑える条件を満たすにあたっての制御自由度を拡大し、制御信頼性を高めることができる。

## 【0034】

また、本出願第11の発明は、本出願第7から9発明の方法であって、前記マウントツールに保持される半導体チップの接合部の構造体は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするバンプで、前記接合加工される他方の部品は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするパッドを接合部の構造体とする配線基板であることを特徴とする半導体チップのボンディング方法である。

## 【0035】

また、本出願第12の発明は、本出願第7から9発明の方法であって、前記マウントツールに保持される半導体チップの接合部の構造体は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするパッドで、前記接合加工される他方の部品は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料を接合部の構造体とする配線基板であることを特徴とする半導体チップのボンディング方法である。

## 【0036】

また、本出願第13の発明は、本出願第7から9発明の方法であって、前記マウントツールに保持される半導体チップの接合部の構造体は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするパッドで、前記接合加工される他方の部品は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするバンプを接合部の構造体とする半導体チップまたはこれを構成要素として含む部品であることを特徴とする半導体チップのボンディング方法である。

## 【0037】

また、本出願第14の発明は、本出願第7から9発明の方法であって、前記マウントツールに保持される半導体チップの接合部の構造体は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするバンプで、前記接合加工される他方の部品は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを

最表面の構成材料とするパッドを接合部の構造体とする半導体チップまたはこれを構成要素として含む部品であることを特徴とする半導体チップのボンディング方法である。

## 【0038】

また、本出願第15の発明は、本出願第7から9発明の方法であって、前記マウントツールに保持される半導体チップの接合部の構造体は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするバンプで、前記接合加工される他方の部品は、金、アルミニウム又は銅の少なくとも一つを最表面の構成材料とするバンプを接合部の構造体とする半導体チップまたはこれを構成要素として含む部品であることを特徴とする半導体チップのボンディング方法である。

## 【0039】

本願第7から9の発明はいずれも接合加工を受ける半導体チップ11又は他方の部品12に特別な制限を加えることなく、ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑えることができるため、本願第11から15の発明のように多様な組み合わせにおいても適用することができる。このため、信頼性と生産性とを両立するボンディング方法を多くの組み合わせの部品加工に提供することができる。

## 【0040】

## 【発明の実施の形態】

## 実施例1

以下に本発明の一実施の形態につき図面を参照して説明する。以下は本発明の一実施形態であって本発明を限定するものではない。図3は、本願発明の一実施の形態に係るボンディング装置の概念図である。図1と同様の超音波接合工法の基本構成を備え、振動軸方向保持力の制御手段として、超音波振動発生手段301と振動振幅制御手段302および振動周波数制御手段303、マウントツール11への垂直負荷手段311と負荷力制御手段312、半導体チップ12の吸着保持手段321と吸着力制御手段322、および各制御手段に制御値を与える制御管理手段331とダイシェア強度変動に関連した情報を蓄積保存している記憶

手段332が追加されている。

## 【0041】

本実施例の装置で超音波接合加工が行われているとき、制御管理手段331は記憶装置332からの情報に基づいて、

$$(振動軸方向保持力) > (ダイシェア強度) + (慣性力)$$

なる関係を維持すべく、振動振幅制御手段302と振動周波数制御手段303、負荷力制御手段312および吸着力制御手段322に制御情報を与える。前記制御情報を受け取った前記各制御手段は前記制御情報に基づいて超音波振動発生手段301と垂直負荷手段311と吸着保持手段321とを制御する。その結果、前記超音波振動振幅と前記超音波振動周波数、前記垂直負荷、前記吸着力のいずれか一つ以上が経時的に変化し、接合加工中は前記条件式が満たされる。

## 【0042】

以下に本実施例を更に詳しく説明する。

本実施例における制御を明確にするため、前記条件式において左辺に制御因子をまとめると、

$$(振動軸方向保持力) - (慣性力) > (ダイシェア強度)$$

となり、前記振動軸方向保持力は、

$$\{ (垂直負荷) + (吸着力) \} * (摩擦係数)$$

なる関係で記述され、前記慣性力は

$$(半導体チップ12の質量) * (振動振幅) * (振動角周波数)^2$$

で示される。このうち、摩擦係数は摩擦材料の影響を強く受けるシステム特性値であり、半導体チップ12の質量も各接合加工では制御不可因子なため、本願発明では制御因子としては除外される。

したがって、残る4つの因子が本実施例の制御対象として用いられている。

上記4因子を制御するにあたって、本実施例では、接合加工中の前記ダイシェア強度変動プロファイルを実験的に測定し、これに基づいて各因子の制御方法を予め決定し、この情報は制御管理手段331の一部として含まれる記憶手段332に保存されている。加工開始後は、制御管理手段331は記憶手段332に適宜アクセスして制御方法を得て、各因子の制御を行い、上記条件式を維持する。

このように制御方法を加工前に与えておくことで、制御の遅れを最小限に抑えることができる。

なお、記憶手段332に格納される情報は加工実験結果だけではなく、様々な関連上を入れることが可能である。たとえば、前回以前の接合加工により得られた情報を格納しても良いし、接合加工の回数を重ねることで各制御因子の制御値が変動する場合はその変動に関する情報を格納しても良い。

#### 【0043】

上記制御により、前記振動軸方向保持力から前記慣性力を減じた力である実効的振動軸方向保持力が上昇する前記ダイシェア強度よりも高い状態を維持でき、接合加工プロセスを通じてマウントツール11と半導体チップ12のすべり摩擦の発生を抑制できる。したがって、本実施形態のボンディング装置においてはマウントツール11の摩耗を防止することができ、マウントツール11の交換頻度を従来に比べて少なくすることができるため、従来よりも飛躍的に生産性を高めることができる。また、マウントツールの摩耗が防止されることにより、半導体チップ12のマウントツール11への不完全な保持状態の発生が防止されるため、接合工程の信頼性が向上し、従来の製造方法では適宜必要とされている接合前のマウント位置検査工程を省略できる。さらに、マウントツール11の摩耗が防止されることにより、半導体チップ12が接触するマウントツール11の表面形状の劣化に起因する半導体チップ12の破損の発生が抑えられ、工程の信頼性が向上する。

#### 【0044】

本実施例の装置を用いた接合加工の経時変化をグラフで概念的に示したのが図4である。このグラフでは、本実施例の実施形態の理解を助けるために、変動する前記ダイシェア強度とこれに対抗する前記実効的振動軸方向保持力を比較している。領域41においては、前記垂直負荷のみが制御され、順次42においては前記吸着力を、43においては前記超音波振動振動数を、44においては前記超音波振動振幅を制御因子として追加している。

#### 【0045】

本実施形態では各制御手段を段階的に追加する形で機能させているが、これに

限ることなく、一つだけの制御手段を用いることも当然制御管理手段が行う制御の一形態であるし、途中で一つの制御手段を停止することも制御の一形態に含まれる。また、制御値の変化は連続的でも段階的でも本実施例に本質的な変化を与えない。

## 【0046】

ただし、前記接合加工の最終段階では、前記超音波振動振幅を減少させ、接合部13又は14の塑性変形で吸収できる程度の振幅にする状態を経由して停止することは有益である。超音波接合加工の原理として、接合部13又は14の塑性変形で対応しうる以上の超音波振動振幅が与えられれば、接合領域17では金属結合の破断が発生する。この破断は金属結合面を拡大するには重要ではあるが、破断した状態で超音波振動が停止されると、結果的には接合領域17の金属結合面積を減らすことになり、不足の接触不良をもたらすことになりかねない。

そこで、加工の最終段階では、前記超音波振動振幅を減少させ、接合部13又は14の塑性変形で吸収できる程度の振幅にする状態を経由して停止することで、前記金属結合の破断面の形成を最小限に抑えることができるので、接合領域17の接合信頼性を著しく向上させることができ、信頼性向上と生産性向上の両立にとって際立った効果がある。

## 【0047】

また、上記のワークのうち、接合部にバンプを有するワークは、当該バンプの少なくとも一方の先端形状が、凸状になった、いわゆるスタッドバンプを用いることで、各バンプの接触面積をほぼ均一にすることができ、接合加工ごとのダイシェア強度の上昇プロファイルを安定させることができる。このため、実効的振動軸保持力の制御範囲が広がり、かつ接合加工前に与えておく制御方法の信頼性が高くなるので、接合加工における信頼性と生産性の両立が極めて高いレベルで実現することができる。

## 【0048】

さらに、本実施例で示したボンディング方法では、接合加工中に接合部13又は14の少なくとも一方を一時的にでも加熱することは有益である。接合加工では超音波振動が与えられることで金属間結合が形成されるが、その形成メカニズ

ムが凝着部の成長、いわゆるJunction growthの場合は、結合を担う金属の塑性変形のしやすいことは結合面積拡大に効果がある。接合部13又は14の少なくとも一方を加熱することは前記塑性変形しやすさを助長するから、加工を促進し、生産性向上に寄与する。また、加熱によって接合部13又は14を塑性変形しやすくするということは、加熱によって前記ダイシェア強度を低下させることができるということである。したがって、接合部13又は14の少なくとも一方を加工中一時的に、望ましくは加工中すべてに渡って、加熱すると、ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑える条件を満たすにあたっての前記進行軸方向保持力と前記慣性力の制御自由度が拡大し、結果的に制御信頼性が高まる。

## 【0049】

なお、上記の本実施例のボンディング方法では、マウントツール11の摩耗を防止するための本質的かつシステム的な対策を行っているため、半導体チップ12と他方の部品15への制限事項、例えばマウントワークとの接触面への材料指定、が少ない。これが本実施例で摩擦係数や質量を制御因子として除外した効果になる。したがって様々な部品の組合せの接合加工に対応できる。具体的には、組合せとして、以下の組み合わせを選択することができる。

- ①ツール接触ワークが金又は銅を最表面の主構成材料としたバンプを接合部とする半導体チップで、対向ワークが金パッドを接合部とする配線基板。
- ②ツール接触ワークが金、アルミニウム又は銅を最表面の主構成材料としたパッドを接合部とする半導体チップで、対向ワークが金又は銅を最表面の主構成材料としたバンプを接合部とする配線基板。
- ③ツール接触ワークが金、アルミニウム又は銅を最表面の主構成材料としたパッドを接合部とする半導体チップで、対向ワークが金又は銅を最表面の主構成材料としたバンプを接合部とする半導体チップ
- ④ツール接触ワークが金、アルミニウム又は銅を最表面の主構成材料としたバンプを接合部とする半導体チップで、対向ワークが金又は銅を最表面の主構成材料としたパッドを接合部とする半導体チップ。
- ⑤ツール接触ワークが金又は銅を最表面の主構成材料としたバンプを接合部とす

る半導体チップで、対向ワークも金又は銅を最表面の主構成材料としたバンプを接合部とする半導体チップ。

【0050】

実施例2

以下に本発明の別の実施形態を図面を参照して説明する。以下は本発明の一実施形態であって本発明を限定するものではない。図5は、本願発明の一実施の形態に係るボンディング装置の概念図である。図3と同様、超音波接合工法の基本構成、複数の制御手段、前記制御管理手段および前記記憶装置も有するが、本実施例では前記ダイシェア強度またはその代用特性を計測するダイシェア強度計測手段533と前記振動軸方向保持力またはその代用特性を計測する保持力計測手段534が追加要素として制御管理手段531に含まれている。各計測手段を用いることで、接合加工ごとの実データに関連する情報も得ることができる。

【0051】

本実施例では、ダイシェア強度計測手段533または保持力計測手段534の少なくとも一方を用い、これらより加工中に得られる加工中の実際のダイシェア強度又は振動軸方向保持力に関する情報を得て、必要に応じて過去の加工に関する情報を記憶装置532から得て比較することで、制御管理手段531が制御を行う。

【0052】

上記のように、実際の加工中の情報が得られる効果として、不測の事態による前記ダイシェア強度の急変動や振動軸方向保持力の急変動に対しても適切な制御を高精度で行うことができ、ツール／チップ接触面18でのすべり摩擦の発生を抑える条件を維持における制御信頼性を高めることができる。

【0053】

【発明の効果】

超音波接合加工において、前記ダイシェア強度に対応して前記実効的振動軸方向保持力を制御する機構を有した装置を用い、前記ダイシェア強度よりも前記実効的振動軸方向保持力が高い状態を加工中維持することにより、マウントツールとこれに保持される半導体チップの界面でのすべり摩擦の発生を抑制し、マウン

ツール表面の摩耗を防止することが可能である。

## 【0054】

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 超音波接合を用いた半導体チップ接合加工法の概念図

【図2】 ダイシェア強度と振動軸方向保持力との接合加工の経時変化を示すグラフ

【図3】 本発明の一実施の形態に係るボンディング装置の概念図

【図4】 本発明の一実施の形態に係る、ダイシェア強度と実効的振動軸方向保持力との接合加工の経時変化を示すグラフ

【図5】 本発明の別の一実施の形態に係るボンディング装置の概念図

## 【符号の説明】

1 1 …マウントツール

1 2 …半導体チップ

1 3 …半導体チップの接合部

1 4 …半導体チップに接続される他方の部品の接続部

1 5 …半導体チップに接続される他方の部品

1 6 …ステージ

1 7 …接合される二部品の接続部の接合領域

1 8 …ツール／チップ接触面

2 1 …ダイシェア強度の接合加工中の変化を示す線

2 2 …振動軸方向保持力の接合加工中の変化を示す線

2 3 …ダイシェア強度と振動軸方向保持力がほぼ同一になった点

2 4 …超音波振動開始点

3 0 1 …超音波振動発生手段

3 0 2 …振動振幅制御手段

3 0 3 …周波数制御手段

3 1 1 …マウントツールへの負荷手段

3 1 2 …負荷力制御手段

3 2 1 …半導体チップの吸着保持手段

3 2 2 …吸着力制御手段

3 3 1 …制御管理手段

3 3 2 …記憶装置

4 1 …マウントツールへの負荷のみを制御している領域

4 2 …マウントツールへの負荷と吸着力を制御している領域

4 3 …マウントツールへの負荷と吸着力および超音波周波数を制御している領域

4 4 …マウントツールへの負荷と吸着力および超音波振動周波数と振幅を制御している領域

4 5 …超音波振動開始点

4 6 …ダイシェア強度の接合加工中の変化を示す線

4 7 …実効的振動軸方向保持力の接合加工中の変化を示す線

4 8 …加工終了点

5 0 1 …超音波振動発生手段

5 0 2 …振動振幅制御手段

5 0 3 …周波数制御手段

5 1 1 …マウントツールへの負荷手段

5 1 2 …負荷力制御手段

5 2 1 …半導体チップの吸着保持手段

5 2 2 …吸着力制御手段

5 3 1 …制御管理手段

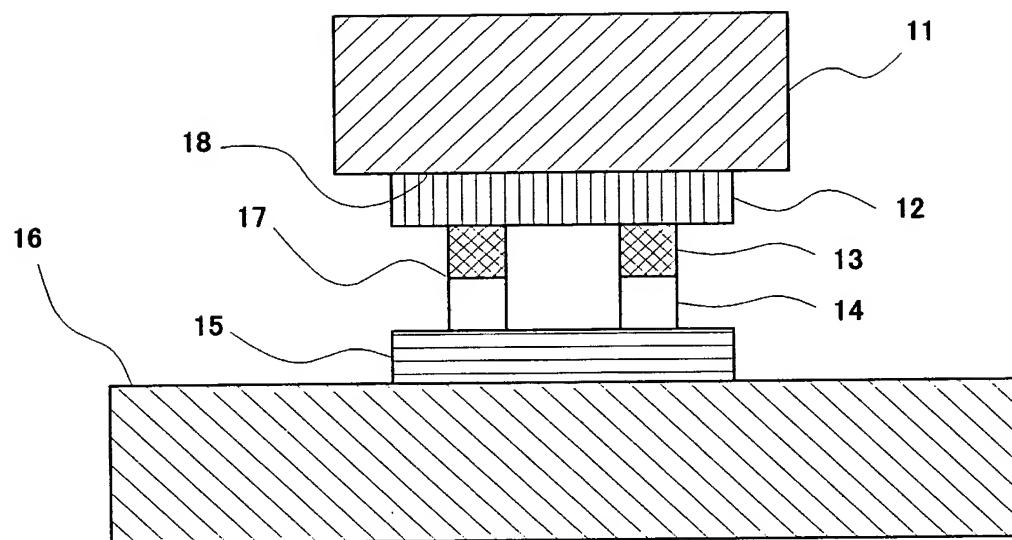
5 3 2 …記憶装置

5 3 3 …ダイシェア強度の計測手段

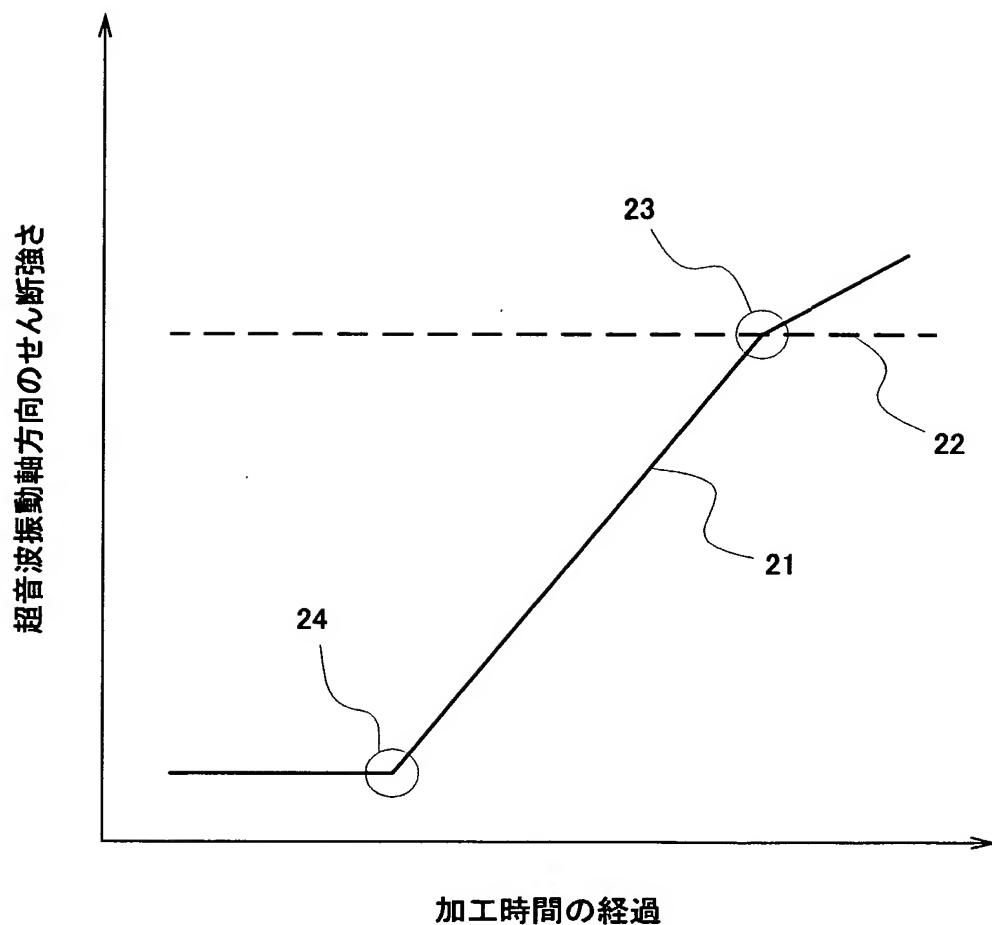
5 3 4 …振動軸方向保持力の計測手段

【書類名】 図面

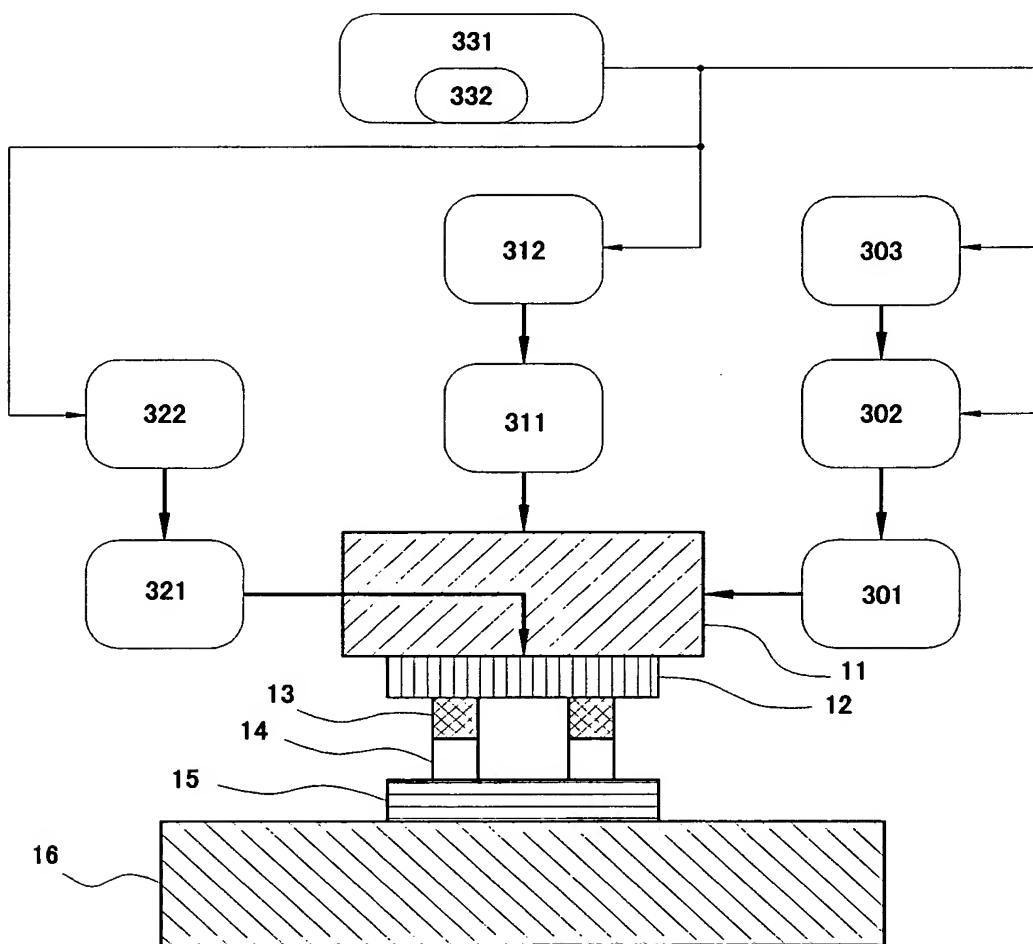
【図1】



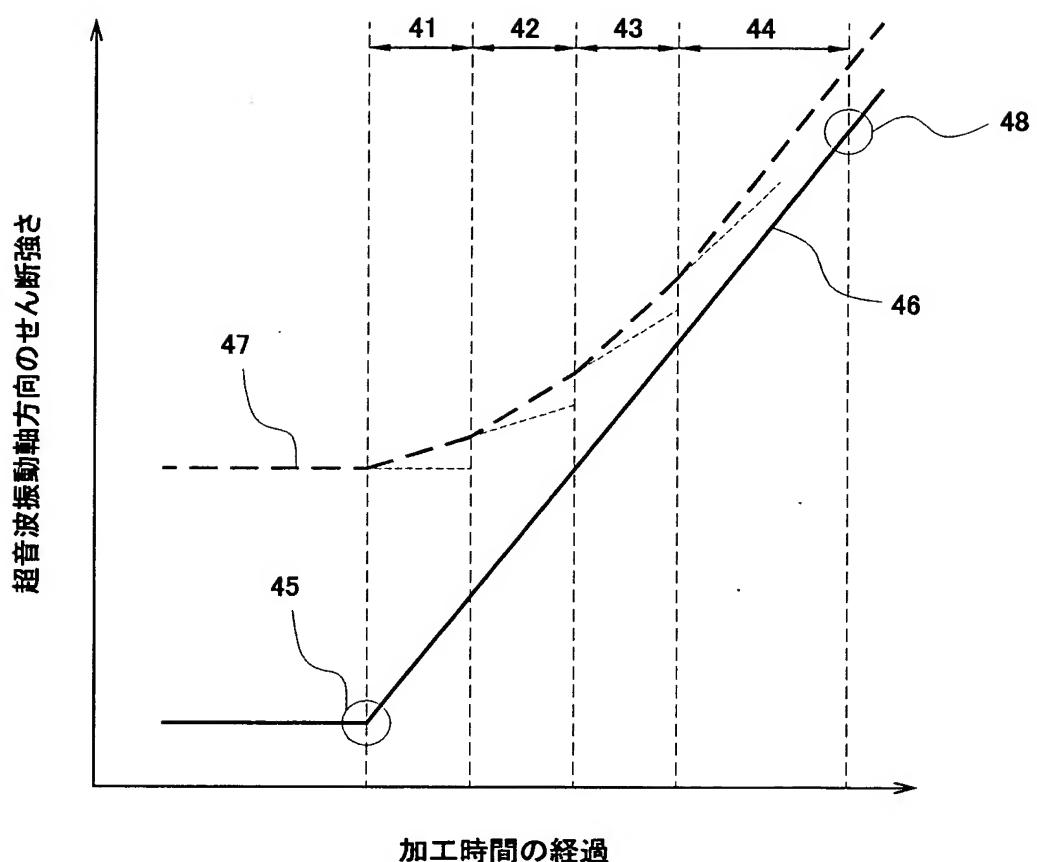
【図2】



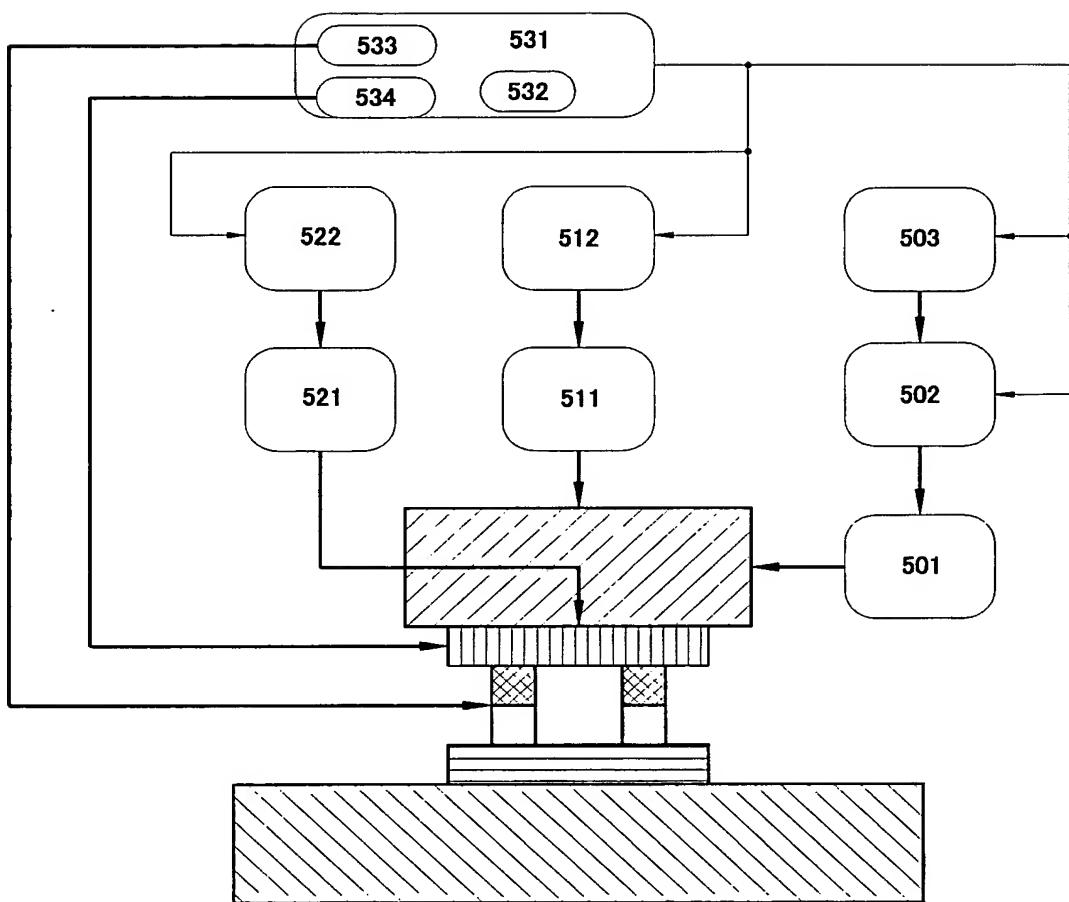
【図3】



【図4】



【図5】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】マウントツール表面の摩耗を防ぎ、信頼性と生産性を両立する超音波接合工法を用いる半導体チップのボンディング方法および当該方法に用いられるボンディング装置を提供するために、マウントツール表面に発生するワークのすべり摩擦の発生を抑制する手段を提供する。

【解決手段】接合加工を受ける領域に超音波振動が与えつつ、同時に制御管理手段からの情報に基づいて振動軸方向保持力と慣性力を制御し、  
(振動軸方向保持力) > (ダイシェア強度) + (慣性力)  
なる関係を維持しながら接合加工を行う。

【選択図】図3

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）

【提出日】 平成15年 1月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2002-216941

【承継人】

【識別番号】 302062931

【氏名又は名称】 N E C エレクトロニクス株式会社

【承継人代理人】

【識別番号】 100095740

【弁理士】

【氏名又は名称】 開口 宗昭

【提出物件の目録】

【物件名】 承継人であることを証明する登記簿謄本 1

【援用の表示】 平成15年1月10日提出の特願2002-31848  
8の出願人名義変更届（一般承継）に添付のものを援用  
する。

【物件名】 承継人であることを証明する承継証明書 1

【援用の表示】 平成15年1月29日提出の平成11年特許願第068  
335号の出願人名義変更届（一般承継）に添付のもの  
を援用する。

【包括委任状番号】 0300181

【プルーフの要否】 要

出願人履歴情報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区芝五丁目7番1号

氏 名 日本電気株式会社

出願人履歴情報

識別番号 [302062931]

1. 変更年月日 2002年11月 1日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地

氏 名 NECエレクトロニクス株式会社